

아문 미세균열을 이용한 화강암 시추코아의 방향 결정에 관한 연구 Determination of Granitic Core Orientation Using Healed Microcracks

장 보 안 (Jang, Bo An)
김 영 화 (Kim, Yeong Hwa)

강원대학교 지구물리학과
강원대학교 지구물리학과

요약 / ABSTRACT

화강암내의 석영입자에서 관찰되는 아문 미세균열은 동일한 암체내에서는 일정한 방향성을 보임이 잘 알려져 있다. 그러므로 아문 미세균열의 일정한 방향성을 이용하면 화강암 시추코아의 방향을 결정할 수 있을 것으로 판단되어, 홍천군 남면 유치리에 위치한 깊이 200m의 시추공에서 채취된 시료에 대해서 아문 미세균열을 이용한 코아의 방향 결정의 가능성을 연구하였다.

본 연구에서는 코아회수율이 100%인 8개 구간을 선정하여 각 구간에서 2~3개의 시료를 채취한 후, 각 시료에 발달한 아문 미세균열의 방향성을 측정하였다. 하나의 구간에서 채취된 시료에 발달한 아문 미세균열은 거의 일정한 방향성을 보이나, 구간에 따라서 2~3개의 방향성을 보이기도 한다. 하나의 방향성을 보이는 구간은 아문 미세균열의 방향성이 $\pm 5^\circ$ 이내의 오차를 보여 매우 정확한 시추코아의 방향을 측정할 수 있었다. 그러나 2~3개의 방향성을 보이는 구간에서는 아문 미세균열의 방향성 및 전체적인 발달형태를 고려하여야 하며, 오차 또한 증가하여 $\pm 15^\circ$ 정도의 오차를 보인다. 위의 결과를 종합하면 아문 미세균열의 방향성을 이용하면 시추코아의 절대적인 방향 측정이 가능하며, 터널이나 사면안정의 설계에 있어서 매우 중요한 요소중의 하나인 절리면의 방향을 저렴한 비용으로 시추코아에서 결정할 수 있다.

Since healed microcracks in quartz grain of granitic rocks within the same mass have identical preferred orientations, the orientations of granitic cores may be determined if the distinctive feature of healed microcracks can be used.

In this study, the possibility of determining orientations of granitic cores using healed microcrack orientations were examined using samples from the borehole drilled to 200 m in depth at the Hongcheon. Eight sections whose core recoveries are 100% were selected. Two to six samples were collected in each section and orientations of healed microcracks in each sample were measured. Healed microcracks in samples from each section show almost identical orientations. The error range for sections with only one preferred orientations is within $\pm 5^\circ$, indicating that correct orientations of core

can be determined. However, orientations of cores in sections which have 2 or more healed microcrack orientations should be determined using orientations as well as distribution of peaks of orientations. The error range for this case is larger than former one and is within $\pm 15^\circ$. The orientations of joint which is very important factor for designing tunnel and slope stability can be determined using healed microcrack orientation in cores.

서 론

터널이나 산사면의 설계에 있어서 절리의 방향성은 매우 중요한 요소중의 하나이다. 예를 들면, 터널의 설계를 위한 암반의 분류에 가장 많이 이용되는 RMR 분류법에서는 절리의 방향에 따라 터널의 경우 0점에서 최대 12의 감점율, 산사면에서는 0점에서 최대 60점까지 감점하도록 되어 있다 (Bieniawski, 1989). 일반적으로 설계의 기초 지질 자료 획득은 시추조사에 의하여 이루어지나, 시추조사시 코아바렐의 회전으로 인하여 시추코아에서 절리의 방향을 측정하는 것은 거의 불가능하다. 그러나 최근에는 시추공 카메라를 이용하거나 시추공 televiue를 이용하여 불연속면의 방향을 정밀하게 측정할 수 있으나, 위의 방법들은 고가의 장비를 사용하여야 하므로 불연속면의 방향 측정에 상당한 비용이 소요되며, 시추공경이 NX 미만이거나 시추공의 상태가 불량할 경우에는 측정이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.

화강암내의 석영입자에서 관찰되는 아문 미세균열은 초기 냉각될 당시에 생성되며, 생성 원인은 아직까지 정확하게 밝혀지지 않았으나 미소한 수압 파쇄에 의한 균열생성 (Knapp and Knight, 1977), 차응력하에서 암체가 냉각될 때 발생한 열응력에 의한 균열생성 (Norton, 1982), 암체가 냉각될 때 석영과 장석의 열팽창률 및 압축율의 차이로 인하여 발생한 응력에 의한 균열생성 (Plumb et al., 1984) 등의 다양한 원인에 의하여 생성된다(그림 1). 이러한 다양한 원인에 의하여 생성된 아문 미세균열은 동일한 암체내에서는 일정한 방향성을 보여 (Kowallis et al., 1987; Jang and Wang, 1991; 장보안과 김정애, 1996) 고응력장의 연구에 많이 이용되었다 (Pêcher et al., 1985; Jang et al., 1989).

본 연구에서는 동일한 암체에서는 아문 미세균열의 방향이 일정하다는 특성을 이용하여, 시추조

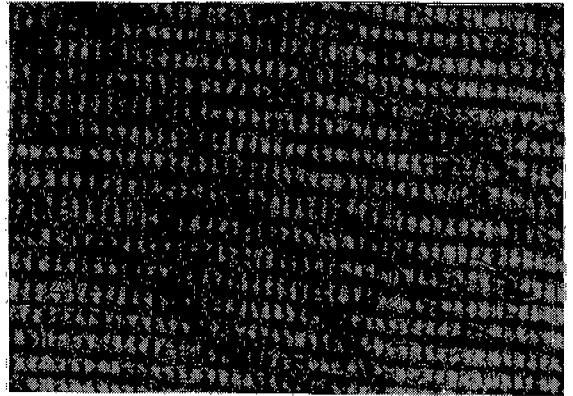


Fig. 1. Photomicrograph showing healed microcracks in quartz grain. Solid arrows indicate healed microcracks, showing parallel orientations. Open arrows represent open microcracks.

사시 채취된 코아의 방향을 아문 미세균열을 이용하여 결정하고자 한다. 먼저 시추공 주위의 노두에서 채취된 시료에 대하여 아문 미세균열의 방향성 및 발달형태를 측정하고, 시추코아의 회수율이 100%인 구간에서 코아를 연결한 후 한 구간내에서 2~6개의 시료를 채취하여 동일 구간내의 시료에서 측정된 아문 미세균열의 방향이 일정한 지의 여부를 검토하여 시추코아의 정향화(orientation)의 가능성을 연구하였다.

시 료 채 취

연구지역의 지질은 강원도 홍천군 남면 유치리 일대의 중생대 홍천화강암으로, (주)라이프 음료에서 먹는 샘물의 영향평가를 목적으로 굴진한 깊이 200m의 시추공에서 코아시료와 인근의 노두에서 시료를 채취하였다. 노두 시료의 채취는 시추공 주위 100m이내에서 2개의 정향된 시료를(oriented

sample) 채취하였다. 코아 시료의 채취는 코아회수율이 100%인 8개 구간을 선정한 후, 코아에 발달한 절리면을 맞추어 코아의 상태를 지반에서와 같이 복원하였다. 각 구간에서 복원된 코아에 일정한 방향을 나타내는 임의의 선을 그은 후(그림 2), 각각의 구간에서 3~6개의 시료를 채취하였다. 따라서 각 구간에서 그려진 임의의 선은 구간마다 다를 수 있다. 각 구간에서 채취된 시료의 심도는 표 1에 나타나 있으며, 홍천화강암의 지질은 다음과 같다.

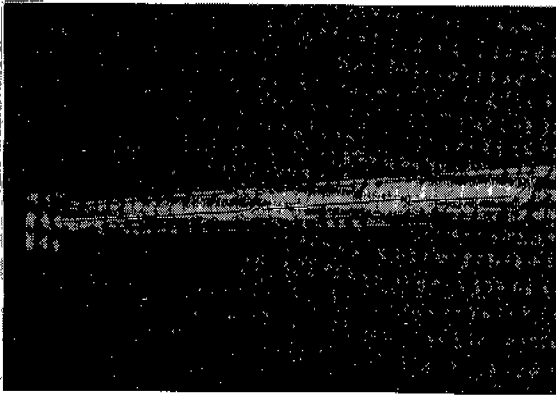


Fig. 2. Figure showing reconstructed core by matching joints. The line is reference line and used as an arbitrary north for measuring healed microcrack orientations.

지 질

홍천 화강암은 석영과 장석류 및 흑운모가 주를 이루는 중립질의 화강암으로 전반적으로 등립질에 속하나 곳에 따라 1cm에 이르는 비교적 큰 장석의 반정을 포함하고 있다. 현미경 하에서 관찰된 주구성 광물은 석영(15.5~37%), 사장석(18.4~27%) 퍼어사이트(21.1~35.8%) 및 흑운모(3.0~11.0%) 등이며 부구성 광물로 정장석, 미사장석, 백운모, 녹니석, 견운모 등이 관찰된다. 석영은 반자형 내지 타형을 이루고 파동소광이 우세하게 관찰된다. 입자의 크기는 대체로 3mm 이하이며 심도가 깊어짐에 따라 증가하는 경향이 관찰된다. 장석의 반정은 주로 퍼어사이트로 나타나며 부분적으로 사장석, 석

Table 1. Sampling group and depth of samples for the Hongcheon granite.

Group	Sample No.	Depth (m)	Group	Sample No.	Depth (m)
A	A1	35.54	D	D2	114.25
	A2	36.73		D3	115.50
	A3	37.00		D4	116.14
	A4	37.96		D5	117.24
B	B1	54.44	E	E1	132.37
	B2	55.90		E2	133.23
	B3	57.00		E3	135.00
	B4	58.00		E4	136.16
	B5	60.32	F	F1	154.66
C	C1	94.88		F2	156.06
	C2	95.95	G	F3	156.97
	C3	97.95		G1	168.64
	C4	98.75		G2	169.23
	C5	99.62	H	G3	170.26
	C6	100.94		H1	194.20
D	D1	113.14	H2	194.70	

영, 흑운모, 녹니석 등을 포함하고 있다. 사장석은 견운모화된 부분이 많고 소량의 백운모를 포함하고 있다. 흑운모는 녹니석과 백운모로 변질된 흔적이 많이 남아 있으며 변질 받지 않은 흑운모는 판상의 결정을 이루고 벽개가 잘 발달해 있으며 녹색 내지 갈색의 다색성이 잘 관찰된다. 미세균열은 주로 큰 결정의 장석류와 석영입자에 발달해 있으며 특히 퍼어사이트 반정에서의 미세균열의 분포가 현저하다. Streckeisen의 심성암 분류표에 의거한 모드 분 석 결과 화강암 영역에 도시되었다(그림. 3).

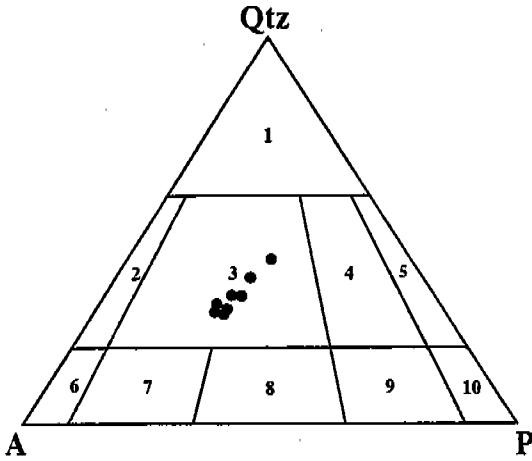


Fig. 3. Triangular diagram of modal composition for the Hongcheon granite (Quartz-Alkali feldspar-Plagioclase/The USGS classification) 1 ; Quartz-rich Granitoid, 2 ; Alkali Feldspar Granite, 3 ; Granite, 4 ; Granodiorite, 5 ; Tonalite, 6 ; Alkali Feldspar Syenite, 7 ; Syenite, 8 ; Monzonite, 9 ; Monzodiorite, 10 ; Diorite.

연구 방법

아문 미세균열의 방향성 측정을 위하여 2개의 노두시료와, 시추 심도에 따른 8개의 구간에서 채취된 32개의 시료중에서 20개의 시료를 선택하여 수평방향의 박편을 제작하였다. 박편의 제작은 노두 시료에 대해서는 북쪽을 기준으로, 코아시료에 대해서는 복원된 코아에 그려진 임의의 북쪽을 기준으로 제작하였다. 박편의 두께는 일반 박편의 3배 두께인 약 100 μ m으로 제작하였으며, 유니버설 스테이지를 이용하여 북쪽에 대하여 아문 미세균열의 주향, 경사 및 길이를 측정하였다. 아문 미세균열은 석영과 장석내에 발달해 있으나, 석영은 투명하고, 등방에 가까우며, 특정한 방향성을 보이지 않으므로 석영입자내에 발달한 아문 미세균열만을 측정하였다. 각각의 박편에서 가능한 한 모든 아문 미세균열을 측정하였으며, 하나의 박편에서 100 - 150개를 측정하였다. 아문 미세균열의 방향성은 미세균열의 갯수 측정과 미세균열의 길이 측정의 2방

법으로 실시되었다. 각각의 방법에 의하여 측정된 방향성은 10°의 구간으로 나뉘어진 rose diagram에 도시되었다.

아문 미세균열의 방향성

대부분의 미세균열들은 인장응력에 의한 Mode I 형태이고, 입자의 경계에서 시작하여 입자내에서 끝나거나 입자내에서 시작하여 입자내에서 끝나는 입자내 균열(intragranular crack)과 입자경계에서 시작하여 입자경계에서 끝나는 입자관통균열(intergranular crack)로 구성되어 있다. 미세균열의 경사는 대부분의 경우 80° 이상의 각도를 보여 수직에 가까운 미세균열이 발달해 있다.

아문 미세균열의 방향성은 각 방향의 아문 미세균열의 갯수를 측정하는 방법과 (Kowallis et al., 1987), 각 방향의 아문 미세균열의 길이를 측정하는 방법의 (Lespinasse and Pêcher, 1986) 2가지의 방법으로 시행되었다. 각 방법에 의한 아문 미세균열의 방향성은 차이가 없고, 단지 방향성의 집중도만 차이가 나서 이 논문에서는 갯수를 측정하는 방법에 의하여 측정된 자료만 기술하였다. 각 구간의 시료에서 측정된 임의의 북쪽 방향에 대한 아문 미세균열의 방향성은 다음과 같다.

노두 시료 : 아문 미세균열의 방향성은 HC-1 시료에서는 매우 넓은 범위를 보여 N20W~N90W의 주방향과 N20E~N60E의 이차적인 방향성을 보이는 반면에, HC-2시료에서는 N40W~N70W의 비교적 좁은 범위를 보이고 N50E~N60E의 미약한 이차적인 방향성을 보인다(그림 4). 그러나 주방향성은 두 시료 모두에서 N55W의 일치된 방향을 보인다.

A 그룹 : 미세균열의 방향성은 N30W~N50W이 가장 우세하다(그림 5). A2 시료에서는 N30W~N40W 범위에서 16%의 집중성을 보이고 A3 시료에서는 N30W~N40W 범위에서 21%의 집중도를 보인다. 모든 시료에서 N20E~N40E의 거의 동일한 2차적인 방향성을 보여 2차적인 방향성이 코아 시료의 방향 결정에 보조적인 자료로 이용될 수 있음을 보여준다.

B 그룹 : 방향성은 B1 시료에서 N40W~N50W

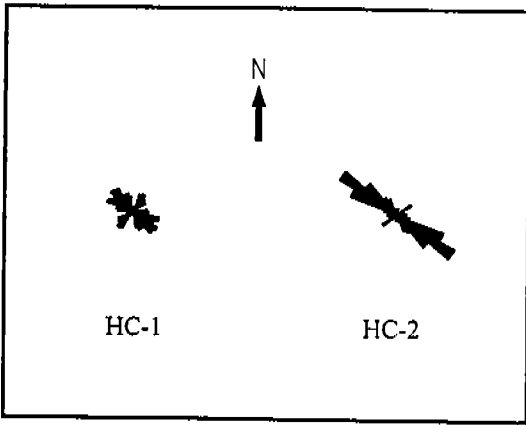


Fig. 4. Healed microcrack orientations measured in the outcrop samples.

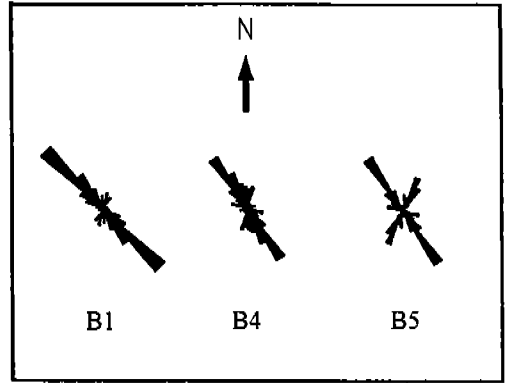


Fig. 6. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group B. North is arbitrary.

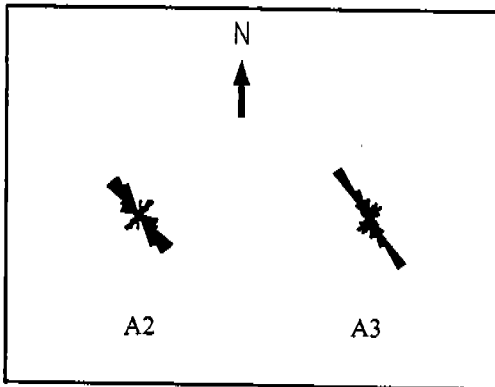


Fig. 5. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group A. North is arbitrary.

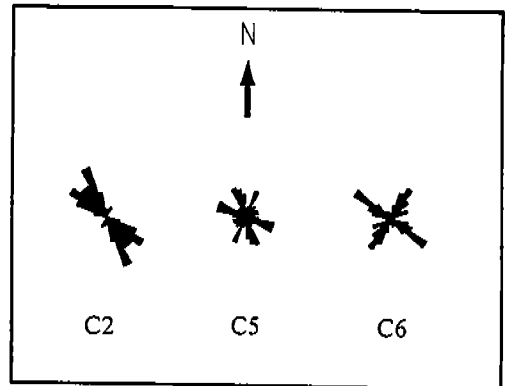


Fig. 7. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group C. North is arbitrary.

인 반면에 B4 및 B5 시료에서는 N30W~N40W를 보여 10°의 차이를 보인다(그림 6). 각 시료의 집중도는 A구간에 비하여 매우 높아 B1 시료에서 30%, B4 시료에서 22%, B5 시료에서는 23%를 보인다. B 그룹의 시료에서 측정된 아문 미세균열의 방향성을 이용한 코아의 방향 결정은 약 10°의 오차를 나타낼 수 있음을 지시한다.

C 그룹 : 이 그룹에서는 3개의 시료에 대하여 아문 미세균열의 방향성이 측정되었다. 방향성은 C2 시료에서 N20W~N30W의 방향성을 보이고 C5 시료에서는 N-S~N30W 및 N60W~N80W의 2개의 방향성을, C6 시료에서는 N50W~N60W와 N30E~N40E의 2개의 방향성을 나타낸다(그림 7). 방향성

의 집중도는 C2 시료에서 19%이나 13%를 전후한 방향성이 주를 이루고, 2개의 방향성을 나타내는 C5 및 C6 시료에서는 11%~16%의 낮은 집중도를 보인다.

D 그룹 : 3개의 시료에 대하여 아문 미세균열의 방향성이 측정되었다. 아문 미세균열의 방향성은 D1 시료에서 N60W~N70W의 방향성을 나타내나 N10E~N30E 방향으로 2차적인 방향성이 뚜렷하게 발달해 있다(그림 8). D2 시료에서는 N60W~N70W의 방향성과 N10W~N30W 및 N-S~N30E의 2차 및 3차적인 방향이 발달해 있고, D4 시료에서는 N40W~N50W와 N70E~N80E의 방향성이 거의 비슷하게 발달한 반면에 N10W~N20W의 2차적

인 방향성을 보인다. 방향성의 집중도는 14%~16%로 모든 시료에서 유사하다.

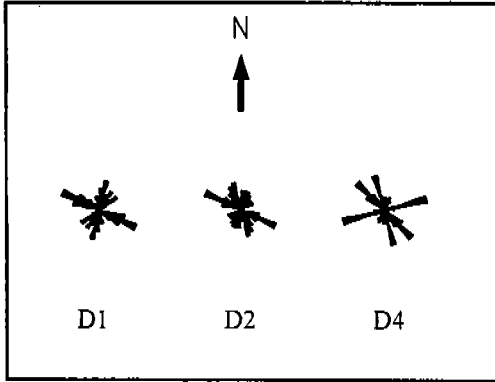


Fig. 8. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group D. North is arbitrary.

E 그룹 : 3개의 시료에 대하여 아문 미세균열이 측정되었다. E1 시료에서는 매우 넓은 방향성을 보여 N20W~N30E의 범위를 보이나, E2 시료에서는 N-S~N10W의 주방향성을 N10W~N20W 및 N50E~N60E의 2차 및 3차적인 방향성을 미약하게 보인다. E3 시료에서는 N10W~N30W의 방향성을 보인다. 방향성의 집중도는 17%~24%이다(그림 9).

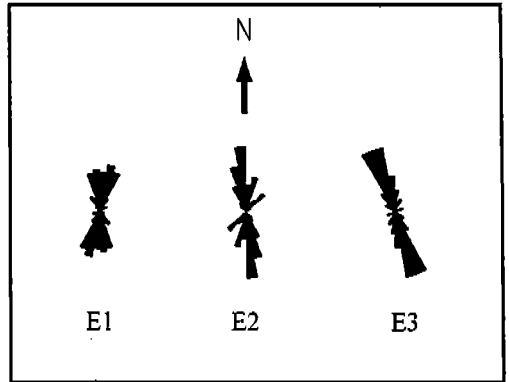


Fig. 9. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group E. North is arbitrary.

F 그룹 : 2개의 시료에 대하여 아문 미세균열의 방향성이 측정되었다. F1 시료에서는 N40W~N50W의 주방향성을 보이고 N20W~N30W와 N10E~N30E에서 2차 및 3차적인 방향성을 보인다(그림 10). 주방향의 집중도는 17%이다. F2 시료에서는 N40W~N50W의 주방향성을 보이고 N20W~N30W의 2차적인 방향성과 N-S~N10W의 3차적인 방향성을 나타낸다. 주방향에서의 집중도는 19%이나 주방향의 중앙부에는 방향성이 미약하다. 이 그룹에서는 모든 시료에서 3방향의 방향성을 보인다.

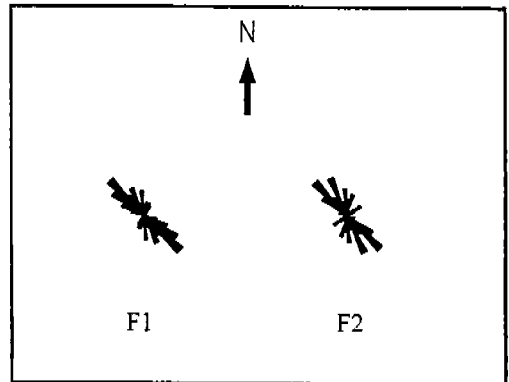


Fig. 10. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group F. North is arbitrary.

G 그룹 : 2개의 시료에서 아문 미세균열의 방향성이 측정되었다. G1 시료에서는 N50W~N70W의 주방향성을 보이나 N20W~N30W에 매우 뚜렷한 2차적인 방향성이 나타나고 N70E~N80E에 3차적인 방향성도 보인다(그림 11). 주방향성에서의 집중도는 17%로 비교적 집중도가 낮은 편이다. G2 시료

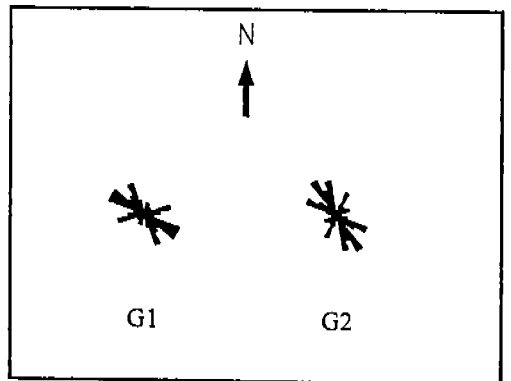


Fig. 11. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group G. North is arbitrary.

에서는 N30W~N40W에서 주방향성이 나타나고 N10W~N20W 방향으로 뚜렷한 2차적인 방향성이 보인다. 또한 N60W~N70W 방향으로 3차적인 방향성이 나타나나 미약하다. 방향성의 집중도는 18%로 32G 시료와 비슷하다. 이 그룹에서는 모든 시료에서 3방향의 방향성을 보인다.

H 그룹 : 2개의 시료에서 아문 미세균열의 방향성이 측정되었다. H1 시료에서는 N30E~N60E에서 주방향성이 나타나며 방향성의 집중도는 17% 정도이다(그림 12). H2 시료에서는 N30E~N50E에서 주방향성이 보이며 방향성의 집중도는 26%로 매우 높다.

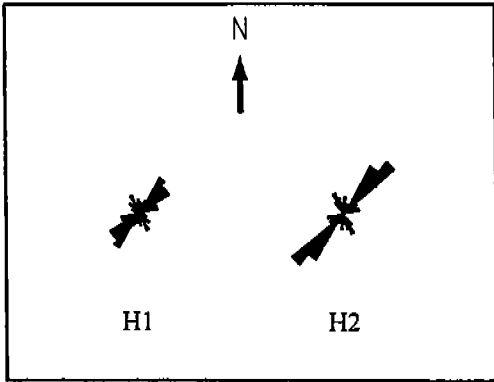


Fig. 12. Healed microcrack orientations measured in the samples of Group H. North is arbitrary.

아문 미세균열의 방향성에 의한 코아시료의 정향화

아문 미세균열은 4개의 시료에서 한 방향의 주방향성을 보이고, 10개의 시료에서는 주방향성 외에 2차적인 방향성을 보이는 반면에 8개의 시료에서는 주방향성, 2차 및 3차적인 방향성의 세 방향성을 보인다. 각각의 시료에서 결정된 주방향성, 2차적인 방향성 및 3차적인 방향성은 표 2에 수록되어 있다.

8개의 그룹중에서 5개의 그룹은 $\pm 5^\circ$ 이내의 매우 일관된 주방향성을 보인다(노두시료, A, B, F,

H Group). 이러한 그룹은 대체적으로 주방향성이 매우 잘 발달되어 있으며 이차적인 방향성의 발달이 미약한 시료로 구성되어 있다. E 그룹 또한 일치된 주방향성을 보이나 오차가 $\pm 15^\circ$ 로 앞의 그룹에 비하여 약간 큰 편이며, 주방향성이 약간 차이가 나는 E1 시료는 다른 시료와 달리 매우 넓은 주방향성을 보이고 있어서 정확한 주방향성을 결정하기가 어려운 시료이다.

C 그룹에서는 2개의 시료에서(C2, C5) 약 30° 정도의 차이를 보이며 2개의 비슷하게 발달한 주방향성이 보이는 반면에 C6 시료에서는 매우 좁은 주방향성을 보이며, 주방향성 또한 2개의 시료에서(C2 및 C5 시료) 매우 일관된 방향성을 보이는 반면에, C5 시료에서는 앞의 시료들과는 $30^\circ \sim 40^\circ$ 정도의 오차를 보인다. 그러나 C5에서의 주방향성은 C2 및 C5 시료에서 비슷하게 발달한 2개의 방향성 중의 하나와 일치하며, C5 시료에서의 2차적인 방향성 또한 C5 시료에서의 3차적인 방향성과 일치하여 1) 아문 미세균열의 모든 방향성을 동시에 고려하고, 2) 아문 미세균열의 발달방향의 형태를 고려하면 매우 정확한 시료의 방향을 결정할 수 있다.

D 그룹의 모든 시료에서는 3방향의 아문 미세균열이 발달해 있으며 2개의 시료에서는(D1, D2) 주방향성이 일치한다. 그러나 한 시료에서는(D4) 2방향의 아문 미세균열이 거의 비슷하게 발달해 있으며, 그 중의 한 방향이 다른 시료의 주방향성과 거의 일치한다.

G 그룹에서는 3~4 방향의 아문 미세균열이 발달해 있으며, 주방향성은 약 25° 의 차이를 보이고 있다. 그러나 아문 미세균열의 발달 형태는 거의 비슷하여 시료의 정향화에는 문제가 없다.

위의 결과로 볼 때 한방향의 아문 미세균열이 발달한 화강암에서는 매우 정확한($\pm 5^\circ$ 이내) 코아의 방향을 결정할 수 있다. 단지 주방향성 이외에 2차적인 방향성이 주방향성과 비슷한 크기로 발달해 있는 시료에서는 약간의 어려움이 따르나 아문 미세균열의 전체적인 발달 형태, 즉 주방향성, 2차적인 방향성 및 3차적인 방향성의 발달을 전체적으로 고려하면 $\pm 15^\circ$ 의 오차 이내로 코아의 방향성을 결정할 수 있는 것으로 나타난다. 따라서 이 방법

Table 2. Healed crack orientations in the Hongcheon granite samples. North is arbitrary for core samples.

Group	Sample No.	Direction of Primary Peak	Direction of Secondary Peak	Direction of Tertiary Peak
outcrop	HC-1	N20W~N90W (N55W)	N20E~N60E (N40E)	
	HC-2	N30W~N70W (N55W)	N50E~N60E (N55E)	
A	A2	N30W~N50W (N40W)	N20E~N40E (N30E)	
	A3	N30W~N40W (N35W)	N20E~N40E (N30E)	
B	B1	N40W~N50W (N45W)	N10E~N40E (N25E)	
	B4	N30W~N40W (N35W)		
	B5	N30W~N40W (N35W)	N20E~N40E (N30E)	
C	C2	N20W~N30W (N25W)	N50W~N60W (N55W)	
	C5	N-S~N30W (N15W)	N60W~N80W (N70W)	N20E~N30E (N25E)
	C6	N50W~N60W (N55W)	N30E~N40E (N35E)	
D	D1	N60W~N70W (N65W)	N10E~N20E (N15E)	
	D2	N60W~N70W (N65W)	N10W~N30W (N20W)	N-S~N30E (N15E)
	D4	N40W~N50W (N45W)	N70E~N80E (N75E)	N10W~N20W (N15W)
E	E1	N20W~N30E (N5E)		
	E2	N-S~N10W (N5W)	N10W~N20W (N15W)	N50E~N60E (N55E)
	E3	N10W~N30W (N20W)		
F	F1	N40W~N50W (N45W)	N20W~N30W (N25W)	N10E~N30E (N20E)
	F2	N40W~N50W (N45W)	N20W~N30W (N25W)	N-S~N10W (N5W)
G	G1	N50W~N70W (N60W)	N20W~N30W (N25W)	N70E~N80E (N75E)
	G2	N30W~N40W (N35W)	N10W~N20W (N25W)	N60W~N70W (N65W)
H	H1	N30E~N60E (N45E)	N20W~N30W (N25W)	
	H2	N30E~N50E (N40E)	N20W~N30W (N25W)	

으로 결정된 코아의 방향에서 불연속면의 주향 및 경사의 결정할 수 있다는 관점에서 유용성이 큰 것으로 판단된다.

결 론

동일한 화강암체내에 분포하는 아문 미세균열은

일정한 방향을 보이는 특성을 이용하여, 정향화된 (oriented) 화강암 노두 시료와 함께 임의의 북쪽방향이 기재된 코아에서 8개 구간을 선정하여 아문 미세균열의 방향성을 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 화강암 노두시료에서 측정된 아문 미세균열은 일정한 방향성을 보였다.

- 2) 코아 시료내에 분포하는 아문 미세균열이 한 방향의 주방향성만 보이는 경우에는 매우 정확한 코아의 방향을 결정할 수 있으며, 홍천 화강암 코아 시료의 경우 $\pm 5^\circ$ 이내의 오차범위를 보였다
- 3) 주방향성 이외에 2차적인 방향성 및 3차적인 방향성을 보이거나 주방향성이 넓은 분포를 보이는 경우에는 아문 미세균열의 방향성과 함께 미세균열의 발달 형태를 고려하여 코아의 방향을 결정하여야 하며, 이 경우에는 오차 한계가 $\pm 15^\circ$ 정도로 나타났다.
- 4) 화강암 지역의 지질조사시 채취된 코아에서 아문 미세균열의 방향성을 이용하여 코아의 방향을 결정할 수 있으며, 결정된 코아의 방향으로 부터 절리면의 주향과 경사를 쉽게 결정할 수 있는 것으로 나타났다.

사 사

이 연구는 한국원자력 연구소부설 원자력환경관리센터의 지원으로 이루어진 "방사성 폐기물 지하 처분장의 Fracture System 변화의 예측모델 개발을 위한 연구(II)"과제의 일부이다. 코아시료를 이용하여 허락해준 (주) 라이프 음료에 감사하며, 실험과 자료정리 과정에서 도움을 준 강원대학교 지구물리학과 조종수 학사에게 감사한다.

참 고 문 헌

장보안, 김정애, 1996, 월악산-속리산 일대의 화강암체내에 분포하는 아문 미세균열 및 유체포유물에 의한 중생대 백악기 고응력장, 지질학회지, 32, 291-301.

Bieniawski, Z. T., 1989, Engineering rock mass classifications, John Wiley and Sons, 251 p.

Jang, B.-A., Wang, H.F., Ren, X., and Kowallis, B.J., 1989, Precambrian paleostress from microcracks and fluid inclusions in the Wolf River batholith of central Wisconsin, Geol. Soc. Amer. Bull., 101, 1457 - 1464.

Jang, B. - A., and Wang, H.F., 1991,

Micromechanical modeling of healed crack orientations as a paleostress indicator: Application to Precambrian granite from Illinois and Wisconsin, Jour. Geophy. Res., 96, 19655 - 19664.

Kowallis, B.J., Wang, H.F., and Jang, B. - A., 1987, Healed microcrack orientations in granite from Illinois borehole UPH-3 and their relationship to the rock's stress history, Tectonophysics, 135, 297 - 306.

Knapp, R.B. and Knight, J.E., 1977, Differential thermal expansion of pore fluid : Fracture propagation and microearthquake production in hot pluton environments : Jour. Geophy. Res., 82, 2515-2522.

Lespinasse, M., and Pêcher, A., 1986, Microfracturing and regional stress field : A study of preferred orientations of fluid inclusion planes in a granite from the Massif Central, France: Jour. Struc. Geol., 8, 168-180.

Pêcher, A., Lespinasse, M., and Leroy, J., 1985, Relations between fluid inclusion trails and regional stress field: A tool for fluid chronology - an example of an intragranitic uranium ore deposit (northwest Massif Central, France) : Lithos, 18, 229-237.

Plumb, R., Engelder, T., and Yale, D., 1984, Near-surface in situ stress 3. Correlation with microcrack fabric within the New Hampshire granite, Jour. Geophy. Res., 89, 9350-9364.

장보안, 김영화
 강원도 춘천시 효자동 192 - 1
 강원대학교 지구물리학과
 200 - 701
 TEL : 0361)250 - 8583 : 장보안
 0361)250 - 8582 : 김영화
 FAX : 0361)56 - 4043